

JP2002048697

## NEAR-FIELD OPTICAL PROBE AND ITS MANUFACTURING METHOD

HITACHI LTD

Inventor(s): MATSUMOTO TAKUYA

Application No. 2000238863 , Filed 20000802 , Published 20020215

**Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for manufacturing a near-field optical probe on which a metal scatterer is buried in a dielectric and whose mean face roughness is flat at about 10 nm or less.

**SOLUTION:** The metal scatterer is formed on a dummy substrate 202 on which a dummy film 201 is formed. A dielectric film is formed on it. Then, a substrate 206 which is used as the base of the probe is bonded. Lastly, the dummy film is removed, and the dummy substrate is removed.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-48697

(P2002-48697A)

(43)公開日 平成14年2月15日 (2002.2.15)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 1 N 13/14  
13/10  
G 0 2 B 5/00  
G 1 1 B 7/135  
7/22

識別記号

F I  
G 0 1 N 13/14  
13/10  
G 0 2 B 5/00  
G 1 1 B 7/135  
7/22

テマコード(参考)  
B 2 H 0 4 2  
G 5 D 1 1 9

Z

A

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 5 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-238863(P2000-238863)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(22)出願日 平成12年8月2日(2000.8.2)

(72)発明者 松本 拓也

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

F ターム(参考) 2H042 AA00 AA02 AA18 AA31

5D119 AA22 BB20 JA70 NA05

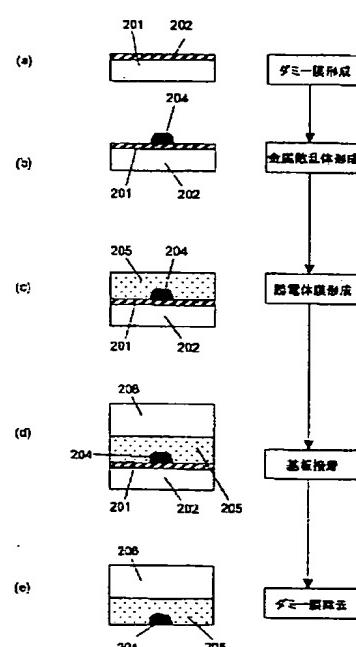
(54)【発明の名称】近接場光プローブおよびその作製方法

(57)【要約】

【課題】本発明は、金属の散乱体が誘電体中に埋め込まれ、かつ平均面粗さ10nm以下程度に平坦な近接場光プローブを作製する方法を提供することを目的とする。

【解決手段】ダミー膜201を形成したダミー基板202上に金属の散乱体を形成し、その上に誘電体の膜を形成した後、プローブの母体となる基板206を接着し、最後にダミー膜を除去することにより、ダミー基板を除去する。

図 1



### 【特許請求の範囲】

【請求項1】ダミー基板上にダミー膜を形成する工程と、ダミー膜上に金属の散乱体を形成する工程と、散乱体の上に誘電体の膜を形成する工程と、誘電体の膜上に基板を貼り付ける工程と、ダミー膜を除去しダミー基板を除去する工程を有することを特徴とする近接場光プローブ作製方法。

【請求項2】前記ダミー膜を形成することに替えて、ダミー基板上に直接金属の散乱体を形成し、最後にダミー膜を除去することに替えてダミー基板をエッティングにより除去することを特徴とする請求項1記載の近接場光プローブ作製方法。

【請求項3】前記金属の散乱体を形成する工程の次に、溝の型となる膜を形成する工程を有し、さらにダミー膜およびダミー基板を除去する工程の次に溝の型となる膜を除去する工程を有することを特徴とする請求項1および2記載の近接場光プローブ作製方法。

【請求項4】基板底面に形成された誘電体の膜と誘電体の膜に埋め込まれた金属の散乱体と磨耗防止用の強固な膜を有することを特徴とする近接場光プローブ。

【請求項5】前記金属の散乱体を形成する工程の次に、磨耗防止用の強固な膜を形成する工程を有することを特徴とする請求項1および2記載の近接場光プローブ作製方法。

### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、近接場光学顕微鏡もしくは近接場を用いた光記録/再生装置において用いる近接場光プローブおよびその作製方法に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】従来の光学顕微鏡では、光はレンズを用いて集光させる。この場合、分解能は光波長により制限される。これに対し近接場光学顕微鏡では、レンズの代わりに、寸法がナノメートルオーダーの微小構造、例えば径が光波長以下の微小開口を用いて光を集めさせる。光をこの微小構造に当てるとき、その微小構造近傍には近接場光と呼ばれる局在した光が発生する。この近接場光を試料近傍に近づけ、試料表面上を走査させることにより、微小構造の寸法で決まる分解能で試料の形状や光学特性を測定することができる。近年この顕微鏡は、生体試料、半導体量子構造、高分子材料等の形状測定や分光、および高密度光記録など幅広い分野に応用され始めている。

【0003】近接場光を発生させる構造（近接場光プローブ）としては、光波長以下の微小開口をもつ先鋭化された光ファイバ（光ファイバ・プローブ）が広く用いられる。このファイバ・プローブは、光ファイバの一端を、加熱しながら引き伸ばしたり、化学エッティング法を用いることにより先鋭化した後、先端以外を金属でコーティングすることにより作製される。光ファイバに光を

導入することにより、先端に形成された微小開口近傍に近接場光を発生させることができる。

【0004】しかし上記のファイバ・プローブは、光利用効率が低いという欠点を持つ。例えば開口径が100nmのとき、ファイバに入射する光の強度とファイバ先端から出射する光の強度の比は0.001%以下である（Applied Physics Letters, (和名) アプライドフィジックスレターズ, Vol. 68, No 19, p2612-2614, 1996）。また、機械的に脆いという欠点も持つ。近接場光学顕微鏡では、近接場光を発生させる微小構造と試料表面の間隔を数nm～数10nmにする必要があるが、その間隔を一定に保つために、プローブ先端と試料の間に働く原子間力を用いて間隔を測定し、その測定値を使ってサーボ制御を施す。しかし、光記録/再生装置など高い速度でプローブを走査させる必要がある場合は、サーボ帯域に限りがあるので、間隔の変動に追随できずにプローブが試料（記録ディスク）に衝突し容易にプローブ先端が破損してしまう。

【0005】これらの問題点を解決する方法として、基板に金属の散乱体が形成されかつその金属散乱体が誘電体の膜に埋め込まれているプローブが提案されている（特願平2000-73922）。

このプローブでは金属の散乱体をもちいて近接場光を発生させるので、光利用効率を大幅に向上させることができ、さらに形状が平面状でかつ散乱体が誘電体に埋め込まれているので機械的強度も非常に強い。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】金属の散乱体が形成されかつ金属の散乱体が誘電体に埋め込まれた近接場光プローブを作製する方法としては、プローブの母体となる基板に直接金属の散乱体や誘電体を形成する方法が提案されている（特願平2000-73922）。この方法では基板上に金属の散乱体を形成後それを誘電体膜で覆い、最後にプローブ表面を平坦にするために、突出した誘電体膜を除去する機械研磨を行う。しかし、このとき金属の散乱体が誘電体から露出する瞬間に研磨を止めなくてはいけないが、この瞬間に研磨を止めることは実際非常に難しく、削りすぎにより金属の散乱体が破壊されてしまう。またこの研磨工程においてプローブ表面に研磨傷がつく可能性もある。

【0007】本発明は上記の金属の散乱体を誘電体膜表面に露出させるための研磨工程を用いることなく、金属の散乱体が誘電体膜中に埋め込まれかつプローブ表面の平均面粗さ（Ra）が10nm以下となる非常に平坦な近接場光プローブを作製する方法を提供することを目的とする。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の近接場光プローブ作製方法では、まずダミーとなる基板の上に、後でエッティング可能なダミーの膜を形成する。この膜の上に金

属の散乱体を形成し、その上に誘電体の膜を形成する。次にこの誘電体の膜にプローブの母体となる基板を接着し、最後にダミーの膜をエッティングにより除去する。これによりダミー基板が剥離され、金属の散乱体が誘電体に埋め込まれかつプローブ表面がダミー基板およびダミー膜と同程度に平坦である近接場光プローブを作製できる。

【0009】この作製方法において、ダミー膜を形成する替わりに、ダミー基板上に直接金属散乱体を形成し、最後にダミー膜をエッティングにより除去する替わりに、ダミー基板を直接エッティングにより除去しても良い。

【0010】この近接場光プローブを光記録/再生に応用する際、高速に回転する記録媒体上に間隔が10nm以下になるように近接場光プローブを浮上させる必要があるが、このためには磁気記録ヘッドと同様、プローブ表面に空気の流れを作るための溝を形成する必要がある。この溝を形成するためには、上記作製方法において、ダミー膜もしくはダミー基板上に金属の散乱体を形成した後、溝の型となる溝形成ようの膜を形成する。ダミー膜およびダミー基板を除去した後、この溝形成用の膜をエッティングにより除去することにより、プローブ表面に溝を形成することができる。

【0011】ところで誘電率の関係で機械的強度の弱い誘電体膜しか使用できない場合は、プローブ表面の金属の散乱体とは別の位置に金属の散乱体よりも機械的に強固な膜を別に形成しても良い。このようなプローブは、ダミー膜もしくはダミー基板上に金属の散乱体を形成した後、この膜を形成する工程を付け加えることで作製することができる。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】以下本発明の具体的な実施の形態について説明する。

【0013】本発明の近接場光プローブ作製方法は、図1に示すように、ダミー膜形成工程、金属散乱体形成工程、誘電体膜形成工程、基板接着工程、ダミー膜除去工程から構成される。

【0014】ダミー膜形成工程では、ダミー基板201上にスパッタや真空蒸着を用いてダミー膜202を形成する。この方法で作製される近接場光プローブ表面の粗さはダミー基板およびダミー膜の表面粗さで決まるため、ダミー基板の表面粗さは出来るだけ小さくし、ダミー膜の粒径も出来るだけ小さくする必要がある。ダミー基板には例えば平均面粗さ(Ra)が10nm以下のSi基板やアルミ基板、表面を研磨したガラス基板などを用い、ダミー膜には例えばチタンやアルミなどを用いる。ダミー膜の厚さは例えば1nm～数100nmにする。

【0015】金属の散乱体形成工程では、ダミー膜上に円や楕円体、1頂点の曲率半径が100nm以下の三角形、頂点が対向するように配置した2つの三角形などの金属の散乱体204を形成する。この金属の散乱体は、電子線リ

ソグラフィやナノインプリント技術(Applied Physics Letters, (和名)アプライドフィジックスレターズ, Vol. 67, No 21, p3114-3116, 1995)を用いて形成する。金属には金や銀、アルミなどを用い、厚さは数nm～数100nmにする。なお金属の散乱体に光を当てる際、散乱体に当たらなかった光がバックグランド光として検出されてしまうが、これを防ぐために散乱体周辺にバックグランド光を遮断するための膜(特願平2000-73922)を、上記の金属の散乱体形成工程において同時に形成しても良い。

【0016】誘電体膜形成工程では金属の散乱体上に誘電体の膜205をスパッタや真空蒸着により形成する。誘電体には、例えばSiO<sub>2</sub>, MgF<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などを用いる。厚さは金属の散乱体と同程度以上にする。

【0017】基板接着工程では、ガラス基板、プリズム、半球レンズ、光共振器、半導体レーザーなどプローブの母体となる基板206を誘電体上に接着する。接着には例えば紫外線効果樹脂を用いる。

【0018】ダミー膜除去工程では、ダミー膜のエッティング液につけることによりダミー膜を除去する。例えば、ダミー膜がチタンである場合は、希フッ酸溶液などにつけ、アルミである場合はリン酸、硝酸、酢酸、水の混合溶液などにつける。このエッティング液でもしプローブの母体となる基板206もエッティングされてしまう場合は、基板206の上側をワックスなどで覆った状態でエッティングする。

【0019】以上の作製工程を用いて実際にプローブを作製した時の条件を以下に記す。ダミー基板には平均面粗さ(Ra)数nm以下に研磨したガラス基板を用い、その上にダミー膜としてチタン膜をスパッタ装置を用い形成した。チタン膜の厚さは30nmにした。次に、電子線リソグラフィを用いて金もしくは銀の散乱体を形成し(形状は頂点が数10nmの三角形)その上にふっ化マグネシウムまたはアルミナの厚さ約100nmの膜を真空蒸着もしくはスパッタを用いて形成した。次にこれにプローブの母体となるガラス基板を紫外線硬化接着剤を用いて貼り合わせ、このガラス基板の上面をワックスで覆った状態でフッ酸：フッ化アンモニウム=1:1の溶液に3分つけた。これによりチタン膜がエッティングされ、ダミー膜が剥離し、金属の散乱体が誘電体に埋まったプローブを作製できた。

【0020】なお上記の作製工程において、ダミー膜をダミー基板上に形成せずに、ダミー基板上に直接金属のパターンを形成しても良い。この場合、最後にダミー膜をエッティングして除去する替わりに、ダミー基板をエッティングにより除去する。例えば、ダミー基板にSiを用いる場合、フッ酸、硝酸、酢酸の混合溶液につけることにより、ダミー基板をエッティングしダミー基板を除去する。エッティング時間を短縮するために、エッティングの前に研磨でダミー基板をある程度薄く削っておいてからエ

ッチングしても良い。

【0021】この近接場光プローブを近接場光記録/再生に応用する際、高速に回転するディスクス上でプローブを浮上量が10nm以下になるように浮上させる必要がある。このためには図2(a)に示すように空気の流れを作るための溝105を形成する必要である。この溝は図3のようにして形成することが可能である。まず、上記金属の散乱体形成工程の次に、溝の型となる膜401を光リソグラフィ技術などを使い形成する。そして、ダミー膜の除去工程の後にこの膜をエッチングにより除去すると膜401の位置に溝402が形成される。溝の型となる膜の材質はエッチング可能な膜であれば何でも良いが、ダミー膜と同じ材質にすることにより溝形成用膜の除去工程を省くことができる。

【0022】ところで、誘電率の関係で機械的強度の弱い誘電体膜しか使用できない場合は、図2(b)に示すように、プローブ表面の金属の散乱体とは別の位置に金属の散乱体よりも機械的に強固な膜106を別に形成することにより、プローブの機械的強度を強くすることができます。例えば、チタン、酸化クロム、アルミナなどの膜をプローブ表面に形成する。この膜は図1中の金属の散乱体形成工程の次に、この膜を光リソグラフィ技術などを用いて形成する工程を付け加えることにより作製可能である。

#### 【0023】

【発明の効果】本発明の近接場光プローブ作製方法を用

いることにより、誘電体中に埋まった金属の散乱体を有しあつプローブ表面が平均面粗さ10nm以下の非常に平坦な近接場光プローブを、金属の散乱体を誘電体膜表面に露出させるための研磨工程を用いることなく作製することが可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の近接場光プローブ作製方法を示す図で、(a)ダミー膜形成工程、(b)金属散乱体形成工程、(c)誘電体膜形成工程、(d)基板接着工程、(e)ダミー膜除去工程。

【図2】溝および機械的に強固な膜を有する近接場プローブの形状を示す図で、(a)溝を有するもの、(b)機械的に強固な膜を有するもの。

【図3】溝を有する近接場光プローブの作製方法を示す図で、(a)溝形成用の膜形成工程、(b)誘電体膜形成工程、(c)基板接着工程、(d)ダミー膜除去工程、(e)溝形成用の膜の除去工程。

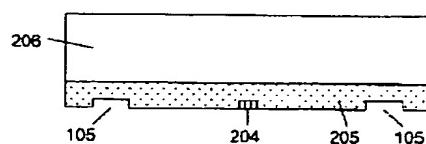
#### 【符号の説明】

- 105浮上用の溝
- 106機械的強度を上げるための膜
- 201ダミー基板
- 202ダミー膜
- 204金属の散乱体
- 205誘電体膜
- 206プローブの母体となる基板
- 401溝の型となる膜。

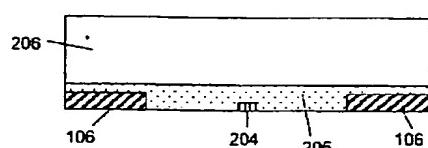
【図2】

図2.

(a)

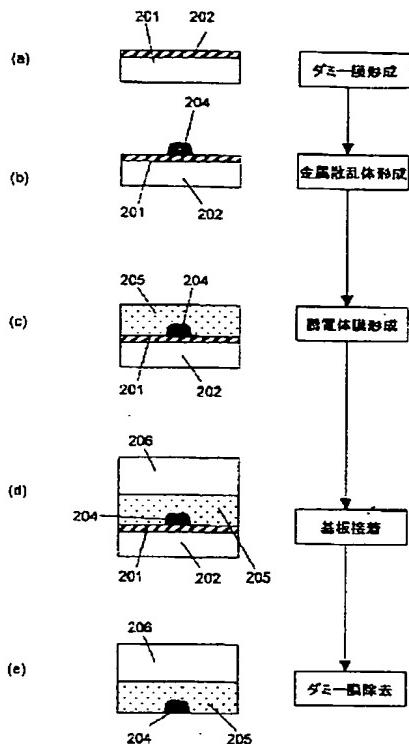


(b)



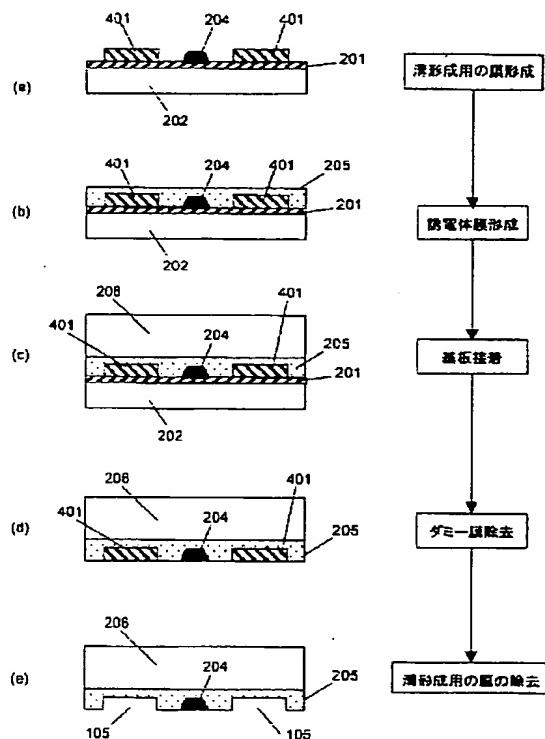
【図1】

図1



【図3】

図3



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

G 12 B 21/06

識別記号

F I

G 12 B 1/00

テーマコード(参考)

601C